

RANCANG BANGUN *TESLA COIL GUN* PEMANCAR TRANSFER DAYA LISTRIK TEGANGAN TINGGI NIRKABEL DENGAN BEBAN LAMPU

I Putu Nanda Nugraha Utama¹, I Wayan Arta Wijaya², I Gusti Ngurah Janardana³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: nandgraha@gmail.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Media dalam penyaluran energi listrik masih menggunakan kawat penghantar sampai sekarang, dimasa depan kawat penghantar mungkin akan ditinggalkan dan berganti ke nirkabel. Ciptaan dari ilmuwan Nikola Tesla yaitu *tesla coil* yang akan menjadi cikal bakal penyaluran energi listrik secara nirkabel yang dapat menyalakan lampu dengan perantara udara. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap tegangan, arus, daya, induksi elektromagnetik yang dipancarkan dan fluks cahaya lampu. Metode analisis menggunakan perhitungan, pengujian dan pengukuran yang didapat dari data primer secara deskriptif. Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu input tegangan 5 V dengan arus 1 A, tegangan yang dinaikkan *high voltage generator* 400 kV, jumlah lilitan sekunder 1400 lilitan, jumlah lilitan primer 10 lilitan, diameter pipa 3.81 cm, diameter torus 8 cm, jarak *spark gap* 1 cm, lampu yang digunakan TL 8 W, 5 W, LED 5 W dan Pijar 5 W. Pengujian menggunakan variasi jarak 1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 9 cm dan 11 cm dari pemancar ke beban.

Hasil yang didapatkan bahwa jarak sangat berpengaruh terhadap tegangan, medan elektromagnetik dan fluks cahaya. Nilai maksimal diterima oleh lampu TL yaitu tegangan 0,2 V, induksi elektromagnetik $22859,2 \times 10^{-7}$ Tesla dan fluks cahaya 4.8×10^{-4} Lumen yang dipancarkan lampu. Jika radius atau jarak pemancar semakin dekat dengan beban maka nilai yang diterima semakin besar atau semakin jauh nilainya semakin kecil.

Kata Kunci : *Tesla coil, High voltage generator, Sparkgap, Beban lampu*

ABSTRACT

Media in the distribution of electrical energy is still using wired until now, in the future cable may be abandoned and switch to wireless. The scientist of Nikola Tesla creat the Tesla coil which will become the forerunner of wireless electricity distribution that can turn on lights by means of air. The purpose of this study to determine the effect of distance on voltage, current, power, electromagnetic induction emitted and the flux of light. The method of analysis uses calculations, tests and measurements obtained from primary data. In general, the data used in this thesis are the input voltage 5 V and current 1 A, the voltage result by the high voltage generator was 400 kV, the number of secondary windings was 1400 coils, the number of primary turns was 10 coils, the pipe diameter was 3.81 cm. The diameter of the torus was 8 cm, the distance of the spark gap was 1 cm, the lamps used were TL 8 W, 5 W, LED 5 W and incandescent lamp 5 W, the test used variations in the distance of 1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 9 cm and 11 cm from transmitter to load.

From all the tests carried out with distance variations to voltage, elektromagnetic induction and flux, it was found that distance greatly with TL 8 W affected the voltage was 0.2 V, electromagnetik induction was $22859,2 \times 10^{-7}$ Tesla and light flux emitted by the lamp was 4.8×10^{-4} Lumen. If the radius or distance of the transmitter was got closer, the value could receive get bigger and the farther the value could get smaller.

Keywords : *Tesla coil, High voltage generator, Sparkgap, Lamp load*

1. PENDAHULUAN

Tesla coil adalah sebuah media yang dapat mentransmisikan energi listrik melalui perantara udara. *Tesla coil* ini menghasilkan tegangan tinggi, frekuensi tinggi namun arus sangat lemah. Pada dasarnya *tesla coil* menghasilkan gelombang induksi elektro magnetik yang dapat menyalakan lampu neon dengan menggerakkan atom – atom dalam lampu tersebut. [1]

Zaman sekarang penyaluran energi listrik masih menggunakan kawat penghantar dan proses instalasi membutuhkan waktu yang tidak singkat. Dapat dilihat di jalan pemasangan kawat penghantar yang sangat tidak enak dipandang. Dalam penelitian ini membahas tentang penyaluran energi listrik secara nirkabel dengan beban lampu atau dapat menyalakan lampu tanpa kawat penghantar.

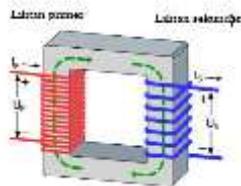
Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya, namun ada perbedaan dari penelitian ini yakni menggunakan *mini high voltage generator* sebagai pembangkit tegangan, *spark gap* dan *torus* yang langsung terpancar pada beban lampu dan dapat menyalakan lampu tanpa adanya *receiver*. Sehingga perancangan dari *tesla coil* ini lebih efisien, pembuatan lebih sederhana dan meminimalisir tempat.

Pada penelitian ini dilakukan perancangan, realisasi *tesla coil gun* agar dapat menghantarkan listrik dengan perantara udara, pengujian dan analisis pengaruh jarak terhadap tegangan, arus, induksi elektromagnetik dan fluks cahaya dari beban lampu dengan spesifikasi berbeda.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Tesla coil*

Tesla coil merupakan pembangkit tegangan tinggi mempunyai frekuensi tinggi namun dengan arus yang kecil mampu menghasilkan gelombang elektromagnetik yang dapat menggerakkan atom - atom pada lampu sehingga dapat menyalakan lampu yang berada disekitar *tesla coil* [2]



Gambar 1 Konstruksi Trafo Tesla Coil

Prinsip kerja *tesla coil* hampir sama dengan prinsip kerja transformator. Kumaran primer menghasilkan induksi gelombang elektromagnetik ketika dialiri oleh arus listrik yang mengelilingi kumaran primer. Arus listrik mengalir dari ujung kawat penghantar ke ujung satunya sehingga menghasilkan GGL (Gaya Gerak Listrik). Arah gaya gerak listrik dapat diatur dari sumber listrik tersebut. Besar induksi magnet yang diterima berbalik lurus dengan nilai tegangan dan berbanding lurus dengan jumlah lilitan. Maka dapat disimpulkan tegangan dan induksi magnet berhubungan erat. Medan magnet lebih aman jika terpapar makhluk biologis daripada energi listrik sehingga medan magnet lebih aman digunakan dalam proses pentranferan energi. [2]

2.2 Kumaran Trafo Tesla

Kumaran trafo tesla dibagi menjadi dua bagian yaitu kumaran primer dan sekunder yaitu penjelasannya sebagai berikut [3]

2.2.1 Kumaran Sekunder

Adapun persamaan yang digunakan untuk mengetahui panjang kawat yang dililit pada pipa paralon yaitu sebagai berikut [3] :

$$l = (2 \cdot \pi \cdot r)(cm) \dots \dots \dots (1)$$

Untuk mengetahui jumlah lilitan yang melilit pada pipa paralon digunakan persamaan sebagai berikut [3] :

$$N = \frac{H}{G} (\text{Lilitan}) \dots \dots \dots (2)$$

Induktansi adalah sifat yang menimbulkan proporsional potensial listrik mencakup arus yang mengalir dalam rangkaian elektronika. Untuk mengetahui induktansi dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut [4] :

$$L_s = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{l} (H) \dots \dots \dots (3)$$

Dalam *tesla coil* pastinya terdapat kapasitansi atau dapat menyimpan energi listrik di rangkaian. Kapasitansi dari kumaran sekunder dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut [4]:

$$C_s = \frac{2\pi \cdot K}{\ln(D/r)} (F) \dots \dots \dots (4)$$

Semakin besar hambatan dari prototipe ini maka dapat meningkatkan nilai fluks cahaya dari lampu. Untuk mengetahui besarnya hambatan pada pemancar dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut [5]:

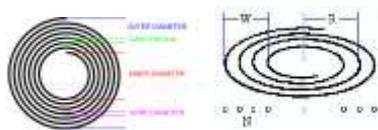
$$R = \frac{\rho l}{A} (\Omega) \dots\dots\dots(5)$$

Dimana setelah induktansi dan kapasitansi diketahui maka frekuensi dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:[6]

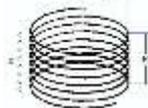
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.Ctot}}(\text{Hz})\dots\dots\dots(6)$$

2.2.2 Kumputan Primer

Ada dua jenis tipe kumputan primer yaitu flat spiral dan helix. Kumputan *flat-spiral* berbentuk seperti obat nyamuk sedangkan kumputan helix berbentuk melingkar vertikal. Jika bagian kumputan sekunder dan primer mempunyai kemiripan frekuensi kinerja dari rangkaian lebih optimal. Sebab daripada itu, diameter kawat, bentuk kumputan, jenis kawat email perlu dipertimbangkan. Induktansi gelombang elektro magnetik sangat berpengaruh terhadap hal tersebut. [5]



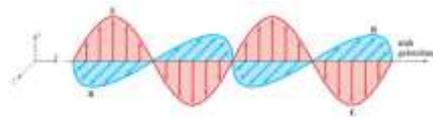
Gambar 2. Kumputan Flat Spiral



Gambar 3. Kumputan Helix

2.3 Resonansi Elektromagnetik

Medan elektromagnetik sangat berkaitan dengan resonansi elektromagnetik yang mempengaruhi aliran listrik. Apabila nilai dari medan elektromagnetik tak beraturan atau pada tingkat tertentu dapat menjadi berbahaya bagi keberlangsung kehidupan makhluk biologis. Pada dasarnya medan elektromagnetik adalah medan magnet dan medan listrik yang bergabung. Medan magnet jauh lebih aman dibandingkan medan listrik, oleh karena itu medan magnet dapat dijadikan pilihan pertama untuk pentranferan energi listrik. [1]



Gambar 4. Gelombang Elektromagnetik

Metode induksi elektrodinamika sangat ramah lingkungan, dalam metode ini dua buah objek saling bertukar energi dengan frekuensi yang sama. Metode ini dapat dapat ditempatkan dengan jarak yang lebih jauh dikarenakan adanya pemancar dan penerima yang sebelumnya digunakan dalam *witricity* [7]

Untuk menentukan besarnya induksi elektromagnetik dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

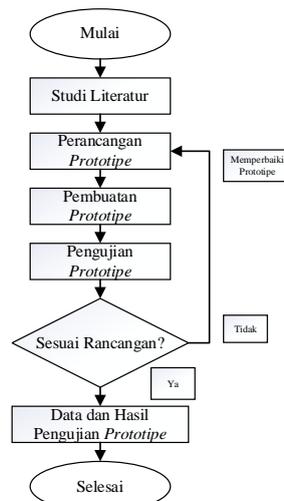
$$B = \frac{\mu_0 \times I \times N}{2a}(\text{Tesla})\dots\dots\dots(7)$$

Dengan kata lain sebuah penerima energi dan sumber energi tidak hanya itu yang ada pada proses pentransferan. Namun ada beberapa sumber dan penerima energi dalam radius yang mencukupi dari sistem elektromagnetik dengan resonansi frekuensi yang sama. [7]

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi Listrik, Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Februari sampai Juni 2021. Diagram alur dapat dilihat pada gambar 5 :



Gambar 5. Flowcart Penelitian

$$l = 25.12 \times 10$$

$$l = 251.2 \text{ cm}$$

$$l = 2.5 \text{ m}$$

6. Lilitan sekunder

Gambar 6 menunjukkan kawat email tembaga dililitkan pada pipa PVC AW 3/2 dim atau 3.81 cm dengan tinggi 50 cm yang diharuskan lilitan sangat rapi sehingga dapat memaksimalkan transfer listrik perantara udara dari prototipe *tesla coil* ini. Pada lilitan sekunder menggunakan kawat email tembaga berdiameter 0.3 mm atau 0.03 cm. Namun kawat dililit hanya 40 cm pada pipa paralon dengan sisa 10 cm digunakan sebagai torus. Perhitungan panjang kabel yang dililit dengan persamaan 2 sebagai berikut:

$$N = l/D$$

$$N = (40 \text{ cm}) / (0.03 \text{ cm})$$

$$N = 1333 \text{ Lilitan}$$

Dimana N adalah jumlah lilitan kawat email tembaga pada pipa paralon PVC yang Dengan perhitungan diatas maka dapat digenapkan menjadi 1400 lilitan agar mempermudah proses pengerjaan dan perhitungan.

Sebelum dapat mencari panjang kawat email tembaga yang digunakan diharuskan terlebih dahulu mengetahui jari – jari pipa paralon dan jumlah lilitan. Dimana jari – jari pipa adalah 1.9 cm dan jumlah lilitan 1400 lilitan. Maka panjang kawat email tembaga dapat diketahui dengan persamaan 1. sebagai berikut :

$$l = (2 \cdot \pi \cdot r) \times 1400 \text{ Lilitan}$$

$$l = (2 \times 3.14 \times 1.9) \times 1400$$

$$l = 11.932 \times 1400$$

$$l = 16704.8 \text{ cm}$$

$$l = 167 \text{ m}$$

7. Ground / Pentanahan

Intinya *ground* ini bertujuan untuk meminimalisir terjadinya setrum. Sebagai penghantar arus listrik langsung ketanah saat terjadinya kebocoran isolasi atau percikan api pada konsleting. Ground ini diletakkan pada lilitan sekunder pada ujung kawat email tembaga yang menghadap bawah atau ketanah. Ujung dari kawat email tembaga dilapisi aluminium foil dengan luas 20 cm² agar penyebaran listrik ketanah dapat menyebar secara merata.

8. Torus

Pada gambar 5 Torus terbuat dari tabung berdiameter 8 cm dengan tinggi 4 cm yang dilapisi aluminium foil. Torus ini diletakkan pada atas ujung kumparan sekunder yang hubungkan dengan kumparan sekunder.

9. Beban Lampu

Beban menggunakan lampu TL 5 W, 8 W, LED 5 W dan Pijar 5 W

10. Alat Ukur

Alat ukur menggunakan multimeter yang dapat mengukur tegangan, arus dan frekuensi. Alat ukur ini digunakan untuk mengetahui hasil dari output *tesla coil* yang dapat diterima beban. Kemudian untuk mengukur fluks cahaya menggunakan aplikasi berbasis android lux meter dengan jarak alat ukur dan beban lampu adalah 1 cm.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Transmitter

Membuat kumparan primer berbentuk helix dibuat dengan menggunakan konduktor berdiameter 1 mm, tinggi 10 cm, diameter kumparan 8 cm dan jumlah lilitan 10 lilitan. Kemudian penyangga kumparan primer berbentuk tabung berbahan PVC dengan diameter 10 cm.

Membuat kumparan sekunder menggunakan pipa paralon PVC berdiameter 3/2 dim atau 4.5 cm dengan tinggi 50 cm yang dililitkan kawat tembaga email berdiameter 0.3 mm sebanyak 1400 lilitan. Pada ujung kumparan sekunder dipasangkan torus yang berupa sebuah ujung pemancar yang dibungkus *aluminium foil* yang berdiameter 8 cm.

Sumber *input* bertegangan 5 V dan arus searah 1 A dari adapter *charger smartphone* yang dirakit sedemikian rupa. *Mini high voltage generator* digunakan untuk meningkatkan tegangan, spesifikasi yang dapat di naikkan adalah *input* antara 3 V sampai 6 V dengan *output* yang dihasilkan adalah 400 kV. *Spark gap* di buat dari skrup berdiameter 0.5 cm dengan panjang 3.5 cm yang terpisah oleh udara antara satu sama lainnya untuk menghasilkan loncatan listrik, untuk penyangga menggunakan pipa paralon 3/2 dim dengan tinggi 5 cm.



Gambar 7 Realisasi Tesla Coil

Tabel 1. Spesifikasi Tesla coil

Simbol	Keterangan	Besaran
Vin	Tegangan Input	5 V
Iin	Arus Input	1 A
Vup	Tegangan Output High voltage generator	400 kV
Np	Jumlah lilitan primer	10 lilitan
Ns	Jumlah lilitan sekunder	1400 lilitan
A	Diameter Pipa	3.81 cm
l	Jarak Kumputan Primer dengan Sekunder	2.5 cm
	Diameter Torus	8 cm
	Jarak antara lilitan primer dengan sekunder	2 cm
	Jarak antara kawat lilitan sekunder helix	2 cm
	Jarak Spark Gap	1 cm
a	Jarak pemancar dengan beban	1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 9 cm dan 11 cm
f	Frekuensi Pemancar	494.0 kHz

4.2 Perhitungan Hambatan Transmitter

Untuk menentukan hambatan listrik, menggunakan persamaan yang menyatakan besar hambatan listrik berbanding lurus dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang kawat penghantar tersebut. dari kawat email tembaga. Pada penelitian ini diketahui diameter kawat email tembaga 0.3 mm atau 0.0003 m atau jari jari 0.00015 m, panjang kawat email tembaga yang melilit pada pipa adalah 167 m, dan hambatan jenis kawat penghantar berbahan tembaga adalah $1.68 \times 10^{-8} \Omega m$. Setelah data tersebut diketahui maka nilai hambatan pemancar ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 5. sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

$$R = \frac{1.68 \times 10^{-8} \times 167}{3.14 \times 0.00015^2}$$

$$R = 3971.12 \Omega$$

4.3 Perhitungan Induktansi

Nilai induktansi ini sangat berpengaruh untuk mengetahui nilai frekuensi pancaran berdasarkan perhitungan. Dari perancangan ini digunakan lilitan kawat berjumlah 1400 lilitan, luas pipa adalah 11.3 cm^2 , panjang kawat penghantar 167 m dan permeabilitasnya $4\pi \times 10^{-7} \text{ (wb/Am)}$. Dapat ditentukan dengan persamaan 3. sebagai berikut :

$$L = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{l}$$

$$L = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \cdot 1400 \times 1400 \cdot 11.3 \times 10^{-4}}{167}$$

$$L = 1.665 \times 10^{-5} \text{ H}$$

$$L = 16.6 \mu\text{H}$$

4.4 Perhitungan Kapasitansi

Nilai kapasitansi dicari untuk mengetahui nilai frekuensi. Diketahui jarak antara kawat 0.1 mm, jari jari kawat tembaga email adalah 0.3 mm dan koefisiensi dielektrum bernilai $8.85 \times 10^{-7} \text{ F/m}$. Dapat dicari dengan persamaan 4. sebagai berikut :

$$C = \frac{2\pi \cdot K}{\ln(D/r)}$$

$$C = \frac{2 \times 3.14 \times 8.85}{\ln(0.0001 \text{ m} / 0.00015 \text{ m})} \times 10^{-12}$$

$$C = \frac{55.578}{0.4} \times 10^{-12}$$

$$C = 137 \times 10^{-12} \text{ F} \times 167$$

$$C = 22891.05 \times 10^{-12} \text{ F}$$

$$C = 228.9 \text{ pF}$$

4.5 Perhitungan Kapasitansi Torus

Torus dibuat berbentuk tabung dengan lapisan aluminium. Torus mempunyai nilai kapasitansi katoda pada bagian atas dan anoda pada bagian bawah yang langsung terhubung ke bumi dan udara sebagai dielektriknya. Diameter torus yang mempengaruhi kapasitansi pada torus. Dimana jari jari torus bernilai 4 cm. Nilai kapasitansi bagian torus dapat dicari dengan persamaan 4. sebagai berikut :

$$C_t = 10 \cdot R / 9$$

$$C_t = 10.4 / 9$$

$$C_t = 4.5 \text{ pF}$$

4.6 Perhitungan Frekuensi Pancaran

Berdasarkan perhitungan sebelumnya didapatkan nilai induktansi sebesar 1.665

$\times 10^{-5}$ H, kapasitansi sebesar $C = 22891.05 \times 10^{-12}$ F dan kapasitansi pada torus adalah $C_t = 4.5 \times 10^{-12}$. Setelah kapasitansi dan induktansi didapatkan maka nilai frekuensi dapat ditentukan dengan persamaan 6. sebagai berikut :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C_{tot}}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot 3.14 \sqrt{1.665 \times 10^{-6} \times (2289.05 \times 10^{-12} + 4.5 \times 10^{-12})}}$$

$$f = 808976.4 \text{ Hz}$$

$$f = 808 \text{ kHz}$$

4.7 Realisasi Receiver

Receiver dibuat dengan beban lampu yang dipasangkan pada fitting lampu yang dihubungkan dengan konduktor berdiameter 1.5 mm dengan panjang 80 cm yang dipasangkan multimeter. Agar tinggi transmitter dan receiver digunakan pipa paralon berdiameter 2 dim dengan tinggi 50 cm sebagai penyangga lampu.



Gambar 8. Realisasi Penerima

4.8 Hasil Pengukuran Frekuensi Pancaran

Pada penelitian yang dilakukan pengukuran dilakukan menggunakan multimeter yang disetting ke pengukuran frekuensi, dari sumber input 5 V tegangan dinaikkan dengan HV generator 400 kV dan sparkgap. Pengukuran ini dilakukan dengan cara meletakkan multimeter pada radius 30 cm pada pemancar. Frekuensi pemancar tesla coil ini adalah 494.0 kHz.

4.9 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus dan Fluks Cahaya dengan Beban Lampu TL 5 W

Dari pengukuran lampu TL 5 W yang merupakan beban induktif didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengukuran Beban Lampu TL 5 W

Jarak (cm)	Input			Penerima			Induksi Elektromagnetik ($\times 10^6$ Tesla)	Fluks Cahaya ($\times 10^2$ Luxen)
	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)		
1	5	1	5	0.075	0.009	0.000675	7912.8	4.5
3	5	1	5	0.220	0.02	0.0044	5861.3	3.6
5	5	1	5	0.060	0.018	0.00108	3165.12	3.1
7	5	1	5	0.049	0.026	0.001274	3265.6	2.1
9	5	1	5	0.029	0.028	0.000812	2735.28	1.1
11	5	1	5	0.026	0.009	0.000234	719.345	0.2
12	5	1	5	0	0	0	0	0

Dari hasil pengujian dengan variasi jarak didapatkan hasil seperti tabel diatas. Induksi elektromagnetik ditentukan dengan persamaan 7.

4.10 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus dan Fluks Cahaya dengan Beban Lampu TL 8 W

Dari pengukuran lampu TL 8 W yang merupakan beban induktif didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengukuran Beban Lampu TL 8 W

Jarak (cm)	Input			Penerima			Induksi Elektromagnetik ($\times 10^6$ Tesla)	Fluks Cahaya ($\times 10^2$ Luxen)
	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)		
1	5	1	5	0.012	0.026	0.00067	22819.2	4.8
3	5	1	5	0.220	0.013	0.00286	3809.86	3.9
5	5	1	5	0.069	0.018	0.001242	3165.12	3.3
7	5	1	5	0.058	0.018	0.001044	2260.8	2.17
9	5	1	5	0.044	0.012	0.000528	1172.28	1.15
11	5	1	5	0.026	0.012	0.000312	999.127	0.24
12	5	1	5	0	0	0	0	0

Dari hasil pengujian dengan variasi jarak didapatkan hasil seperti tabel diatas. Induksi elektromagnetik ditentukan dengan persamaan 7.

4.11 Hasil Pengukuran Tegangan, Arus dan Fluks Cahaya dengan Beban Lampu LED 5 W

Dari pengukuran lampu LED 5 W yang merupakan beban induktif didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Pengukuran Beban Lampu LED 5 W

Jarak (cm)	Input			Penerima			Induksi Elektromagnetik ($\times 10^6$ Tesla)	Fluks Cahaya ($\times 10^2$ Luxen)
	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (I)	Daya (W)		
1	5	1	5	0.004	0.026	0.000104	22819.2	0.18
3	5	1	5	0.069	0.013	0.000897	5714.8	0.05
5	5	1	5	0.016	0.012	0.000192	1417.8	0
7	5	1	5	0.002	0.02	0.00004	2930.6	0
9	5	1	5	0	0.012	0	1172.28	0
11	5	1	5	0	0	0	0	0

Dari hasil pengujian dengan variasi jarak didapatkan hasil seperti tabel diatas. Induksi elektromagnetik ditentukan dengan persamaan 7.

4.12 Hasil Pengujian Lampu Pijar 5 W

Dari pengujian lampu pijar 5 W didapatkan hasil lampu tidak dapat menyala dikarenakan lampu pijar merupakan beban resistif.

4.13 Analisis Data

4.13.1 Grafik Tegangan Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diatas maka data tegangan dapat dianalisis seperti berikut :



Gambar 9. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Tegangan

Pada grafik diatas menunjukkan bahwa tegangan yang terbesar diterima beban adalah pada jarak 3 cm. Semakin jauh jarak pemancar dengan beban maka semakin sedikit tegangan yang dapat diterima beban kecuali jarak 1 cm yang mengalami penurunan tegangan, ini dikarenakan adanya sambaran petir yang mempengaruhi kinerja multimeter yang *error* apabila jarak pemancar dengan beban radius 1 cm atau lebih dekat. Lampu TL 8 W dan 5 W dapat menerima tegangan sejauh 11 cm yang semakin jauh semakin redup. Lampu TL dapat menerima tegangan jika jarak lebih dari 11 cm. Lampu LED dapat menerima tegangan maksimal pada jarak 7 cm dan tidak dapat menerima tegangan lebih dari jarak 7 cm.

4.13.2 Grafik Arus Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diatas maka data arus dapat dianalisis seperti berikut :



Gambar 10. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Arus

Pada penelitian yang dilakukan, pengaruh arus terhadap jarak yang diterima beban tidak beraturan, arus tertinggi pada beban lampu TL 5 W adalah 9 cm dengan nilai 0.0028 A, beban lampu TL 8 adalah pada jarak 5 cm dan 7 cm dengan nilai 0.018 A dan beban lampu LED 5 W tertinggi pada jarak 1 cm dengan nilai 0.026 A. Dimana dari grafik diatas menunjukkan jarak tidak berpengaruh terhadap arus.

4.13.3 Grafik Daya Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diatas maka data daya dapat dianalisis seperti berikut :



Gambar 11. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Daya

Dalam mencari daya dilakukan dengan perhitungan menggunakan rumus $W=V \times I$. Dari perhitungan yang dilakukan semakin jauh jarak beban dengan pemancar maka daya yang diterima beban semakin berkurang. Nilai maksimal daya yang diterima beban pada jarak 3 cm pada semua beban lampu. Lampu 5 W menerima daya sebesar 0.0044 W. Lampu TL 8 W menerima daya sebesar 0.00286 W dan Lampu LED 5 W sebesar 0.000897 W. Dari sumber input bertegangan 5 V dengan arus 1 A mampu menerima daya sejauh 11 cm dan LED 5W sejauh 7 cm.

4.13.4 Grafik Induksi Elektromagnetik Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diatas maka data induksi elektromagnetik dapat dianalisis seperti berikut :



Gambar 12. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Induksi Elektromagnetik

Gambar 12 merupakan pengukuran induksi elektromagnetik terhadap jarak pemancar dengan beban. Dimana menjelaskan bahwa semakin dekat jarak pemancar dengan beban maka nilai induksi elektromagnetik semakin besar dan sebaliknya. Nilai induksi elektromagnetik tertinggi rata – rata pada semua lampu terjadi pada jarak 1 cm dengan nilai induksi elektromagnetik 22859.2 x 10⁻⁷ Tesla pada lampu TL 8 W. Dari pengujian diatas terlihat bahwa lampu LED 5 W hanya dapat menerima induksi elektromagnetik maksimal dengan jarak 9 cm.

4.13.5 Grafik Fluks Cahaya Terhadap Jarak

Dari hasil pengujian diatas maka data fluks cahaya dapat dianalisis seperti berikut :



Gambar 13. Grafik Pengaruh Jarak Terhadap Induksi Elektromagnetik

Pengukuran menggunakan aplikasi android lux meter dengan jarak 1 cm terhadap lampu. Pengukuran dilakukan dengan variasi jarak pemancar dengan beban pada jarak 1 cm, 3 cm, 5 cm, 7 cm, 9 cm dan 11 cm dengan spesifikasi lampu yang berbeda yaitu 5 W, 8 W dan LED 5 W. Karena keterbatasan alat pengukuran dengan

hanya adanya lux meter maka dapat dikonversikan ke lumen. Perbedaan antara lux dan lumen terdapat pada objek yang diukur, pada lux mengukur fluks cahaya objek yang diterima oleh sumber cahaya sedangkan lumen adalah fluks cahaya dari sumber cahaya tersebut. Karena dalam penelitian ini diukur fluks cahaya dari sumber lampu itu sendiri maka dipakai lumen. Lux dapat dikonversikan ke lumen dengan persamaan sebagai berikut :

$$1 \text{ Lx} = 1 \text{ Lm} / \text{m}^2$$

$$1 \text{ Lx} = 1 \times 10^{-4} / \text{cm}^2$$

Dari grafik diatas menyatakan bahwa fluks cahaya yang dipancarkan lampu akan semakin tinggi nilainya jika jarak semakin dekat dengan pemancar. Dimana lampu TL 8 W menyala lebih terang kemudian lampu TL 5 W kemudian lampu LED 5 W. Lampu TL 8 W dapat menyala dengan intensitas cahaya maksimal 4.85 x 10⁻² Lumen dan lampu TL 5 W maksimal 4.55 x 10⁻² Lumen dengan jarak paling jauh 11 cm. Lampu LED 5 W hanya dapat menyala jarak maksimal 5 cm dengan nilai intensitas cahaya 0.02 x 10⁻² Lumen dan maksimal 1 x 10⁻² Lumen pada jarak 1 cm. Lampu pijar tidak dapat menyala dikarenakan pada prinsip tesla coil hanya mampu menggerakkan atom neon sedangkan pada lampu pijar tidak terdapat neon. Lampu TL 8 W menyala lebih terang dikarenakan lampu TL 8 W memiliki daya yang lebih besar, daya yang lebih besar akan menyebabkan energi atau pergerakan atom neon yang lebih besar pula karena berbanding lurus. Pergerakan neon lebih banyak mengakibatkan lampu menjadi lebih terang.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data dari pengujian dan perhitungan dari prototipe tesla coil gun dengan menggunakan high voltage generator dengan sparkgap maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Jarak sangat berpengaruh terhadap tegangan, fluks cahaya dan medan elektromagnetik. Semakin dekat jarak pemancar dengan beban lampu maka semakin besar pula nilainya dan sebaliknya. Dengan nilai maksimal tegangan 0.22 V, fluks cahaya 4.8 x 10⁻⁴ lumen dan induksi elektro magnetik 22859,2 x 10⁻⁷ Tesla. Namun jarak tidak berpengaruh terhadap arus yang dimana

arusnya selalu berubah ubah atau tidak stabil.

2. Spesifikasi lampu berpengaruh terhadap tegangan dan fluks cahaya. Tegangan lampu TL maksimal dengan nilai 0.2 V dan LED 0.16 V. Dimana lampu TL 8 W mendapatkan nilai fluks cahaya yang lebih besar yang lebih besar yaitu 4.8×10^{-4} lumen dibandingkan lampu TL 5 yaitu 4.5×10^{-4} Lumen. Kemudian lampu LED 5 W nilai fluks cahaya lebih redup yaitu 1.0×10^{-4} Lumen sedangkan lampu pijar 5 W tidak dapat menyala.

6. SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terdapat keterbatasan alat, bahan dan komponen yang digunakan seperti sumber input 5 V 1 A , spesifikasi *mini high voltage generator* hanya dapat meningkatkan tegangan maksimal 400 kV, diameter pipa paralon, diameter kawat email tembaga, diameter torus, jarak *sparkgap* dan jumlah beban lampu. Adapun saran yang diberikan kepada peneliti selanjutnya adalah dengan meningkatkan, menambahkan atau merubah nilai – nilai dari alat, bahan dan komponen yang digunakan dalam pembuatan prototipe sehingga diharapkan mampu meningkatkan nilai output dari tesla coil dan jumlah beban lampu yang dapat dinyalakan.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahlevi, M. 2018. "Perancangan Wireless Electric Tesla coil Menggunakan Metode Capacitive Transmisi." (*skripsi*). Medan : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
- [2] Zulyanto, A. 2017. "Desain Sistem Teknologi Tesla untuk Beban Lampu" (*skripsi*). Jakarta : Universitas Indonesia
- [3] Radetic R, Milivojevic D, Darco B. Tesla Coil with Continious Voltage Regulation 16th International Symposium on Power Electronics - Ee 2011. *Paper No. T1-1.2, pp. 1-4*
- [4] Hidayatullah S H. 2020. *Pengertian, Fungsi dan Cara Kerja Trafo Step Up* <https://www.belajaronline.net/2020/07/pengertian-fungsi-cara-kerja-transformator-step-up.html>. Diakses pada 2 Desember 2020
- [7] Widiatmiko, E. 2017. *Tesla Coil Tegangan Tinggi*. <http://majalah1000guru.net/2017/12/koil-tesla/>. Diakses pada 1 Desember 2020.
- [6] Saputra B. Kumolo C. Wibowo N F F. Analisis Luas Penampang dan Pengaruh Jarak Terhadap Transmisi Daya pada Wireless Charger Universal Smartphone. *Khazanah Informatika. Vol. 8, e-ISSN : 2477-698X*
- [7] Hasanah A W. Handayani O. 2018. *Witricity (WirelessElectricity)*. *Jurnal Ilmiah Sutet, Vol 7(1), 14-18*